

## **Rancang bangun sistem pengontrol temperatur menggunakan mikrokontroller ATSAM3X8E pada peralatan *ultrasonic assisted extraction* (UEA)**

Siti Hastin Nur Indarwati, Isnain Gunadi dan Suryono  
Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang  
E-mail: [siti\\_hastin@st.fisika.undip.ac.id](mailto:siti_hastin@st.fisika.undip.ac.id)

### **ABSTRACT**

*In this research, design of temperature control system has been made for Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) equipment. The system consisted of elemen pemanas, temperature, sensor such as Resistance Temperature Detector (RTD) sensor, relay, microcontroller and computer interface. Microcontroller that used in this system is ATSAM3X8E microcontroller that connected with computer interface as the temperature data viewer that is using Borland Delphi 7. Temperature controller could be built by RTD sensor through computer interface so it could save and show the data in MySQL database. This system can be applied as temperature controller system for extraction equipment. From this research's result showed system that has been built can measure and control temperature using RTD sensor with the error's value in measurement is 0,04°C. From the controlling system testing's result with given set point is 35°C can be known that this controlling system has delay until it started which is for 6 minutes with the control stability's condition 97,09% and error value 2,91%.*

**Keywords:** temperature, controller, RTD sensors, database, MySQL

### **ABSTRAK**

*Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan sistem pengontrol temperatur untuk peralatan Ultrasonic Assisted Extraction (UAE). Sistem tersebut terdiri dari pemanas, sensor temperatur yaitu sensor RTD (Resistance Temperatur Detector), relay, mikrokontroler, serta antarmuka komputer. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini yaitu mikrokontroler ATSAM3X8E yang dihubungkan dengan sistem antarmuka komputer sebagai penampil datanya yaitu menggunakan program Borland Delphi 7. Pengontrolan temperatur dapat dibangun dengan sensor RTD melalui antarmuka komputer sehingga dapat menyimpan dan menampilkan data dalam database MySQL. Sistem ini dapat diterapkan sebagai sistem pengontrol temperatur untuk peralatan ekstraksi. Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa sistem yang dirancang mampu mengukur dan mengontrol temperatur menggunakan sensor RTD dengan nilai error pengukuran sebesar 0,04°C. Dari hasil pengujian sistem pengontrolan dengan nilai set point yang diberikan sebesar 35°C dapat diketahui bahwa sistem pengontrolan ini memiliki waktu tunggu agar sistem dapat beroperasi yaitu selama 6 menit dengan kondisi kestabilan kontrol sebesar 97,09% dan nilai error sebesar 2,91%.*

**Kata kunci:** temperatur, pengontrol, sensor RTD, database, MySQL

## PENDAHULUAN

Pada era modern sekarang ini teknologi sangatlah memegang peranan penting. Dengan bertambahnya ilmu dan teknologi yang dikuasai maupun yang diterapkan, diharapkan manusia dapat meningkatkan kesejahteraan peradaban secara keseluruhan, baik secara individu maupun dalam kehidupan bermasyarakat. Namun demikian tidak dapat dihindari dampak negatif selalu bermunculan seiring dengan kemajuan teknologi manusia. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), manusia selalu berusaha untuk mencari suatu cara sehingga penerapan dari IPTEK itu sendiri memberikan banyak keuntungan dan meringankan beban kerja manusia. Oleh karena itu, agar dapat meringankan kinerja manusia pengaturan pengendalian secara otomatis diberbagai bidang pada saat ini telah dikembangkan diantaranya adalah aplikasi pengendalian temperatur yang banyak ditemui.

Dalam aplikasinya, sistem kontrol memegang peranan penting dalam teknologi. Sebagai contoh di dalam dunia industri, dituntut suatu proses kerja yang aman dan berefisiensi tinggi untuk menghasilkan produk dengan kualitas dan kuantitas yang baik serta dengan waktu yang telah ditentukan. Sehingga otomatisasi industri sangat membantu karena dapat menekan biaya produksi, mempertinggi kualitas, dan dapat menggantikan pekerjaan-pekerjaan rutin yang membosankan. Sehingga dengan demikian akan meningkatkan kinerja suatu sistem secara keseluruhan, dan pada akhirnya memberikan keuntungan bagi manusia yang menerapkannya [1].

Dalam studi kasus, pada bidang *sonochemistry* mengenai proses pengekstraksian suatu objek. Waktu dan temperatur merupakan salah satu faktor yang paling penting pada proses ekstraksi. Temperatur memegang dua peranan penting pada proses ekstraksi. Temperatur tinggi mampu memberikan hasil yang optimum

karena membantu mempercepat proses pelarutan. Namun disisi lain penggunaan temperatur yang tinggi juga dapat mendekomposisi senyawa yang sensitif terhadap panas seperti zat antosianin [2]. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan pengontrolan temperatur pada proses ekstraksi. Selain waktu yang cepat, otomatisasi suatu proses pengontrolan juga diharapkan bisa meningkatkan akurasi dan biaya dalam proses secara otomatis. Hal ini dilakukan dengan cara optimasi sistem, yaitu dengan memberikan faktor bobot (*weighting factor*) pada masing masing parameter sehingga didapatkan hasil yang optimal. Sehingga penulis memilih membuat sistem pengontrol temperatur pada alat *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) dengan memberikan *element elemen pemanas* pada tempat preparasi objek yang dikontrol menggunakan mikrokontroler ATSAM3X8E dengan menggunakan sensor temperatur yaitu sensor *Resistance Temperature Detector* (RTD).

## DASAR TEORI

### Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah salah satu bentuk dari energi yang dihasilkan gelombang suara dengan frekuensi di atas deteksi telinga manusia, yaitu antara 20 kHz – 500 MHz [3]. Hal tersebut yang menyebabkan ultrasonik dapat diaplikasikan pada rentang yang cukup luas. Ultrasonik pada intensitas rendah dan frekuensi tinggi, biasanya diaplikasikan untuk evaluasi non-destruktif, sebaliknya pada intensitas tinggi dan frekuensi rendah merupakan jenis ultrasonik untuk aplikasi sonokimia [3].

### Mikrokontroler ATSAM3X8E

Mikrokontroler jenis ATSAM3X8E merupakan bagian dari *flash* mikrokontroler

yang memiliki kinerja yang tinggi yaitu sebesar 32-bit ARM Cortex RISC prosesor. Bekerja pada kecepatan maksimum 84 MHz serta dilengkapi dengan kecepatan *flash* sampai 512 kb dan kecepatan *flash* SRAM mencapai 100 kb. Arsitektur ATSAM3X8E didisain spesial untuk mendukung pada transfer data yang bercepatan tinggi. Pada arsitektur ATSAM3X8E sudah memiliki *multi-layer* matrix seperti kanal SRAM, PDC dan DMA [4].

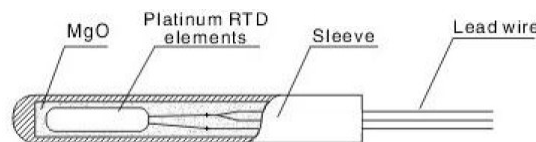
### Sensor

Sensor merupakan suatu alat yang dapat mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik [5]. Dalam kaitannya dengan sistem elektronik, sensor pada dasarnya dapat dipandang sebagai sebuah perangkat atau *device* yang berfungsi mendeteksi suatu bentuk gejala-gejala fisis yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi kimia, energi fisika, energi biologi, energi mekanik, dan sebagainya, sehingga keluarannya dapat diolah dengan rangkaian listrik atau sistem digital [6]. Penggunaan sensor dibidang industri dapat meningkatkan efisiensi produksi sehingga kinerja dan daya saing produk di perusahaan dapat meningkat [7].

### Sesor *Resistance Temperature Detector* (RTD)

*Resistance Temperature Detector* (RTD) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing temperatur di dalam kisaran temperaturnya. Semakin panas benda tersebut, semakin besar atau semakin tinggi nilai tahanan listriknya, begitu juga sebaliknya. RTD PT100 merupakan tipe RTD yang paling populer yang digunakan di

industri [8]. Gambar 1 menunjukkan skema sensor RTD.



**Gambar 1** Sensor RTD (*Resistance Temperature Detector*)

### Transmitter

*Transmitter* adalah sekumpulan alat instrumentasi yang dapat merubah sinyal yang berasal dari instrument ukur (sensor atau detector) menjadi bentuk sinyal yang dapat diterima oleh *indicator*, *recorder* dan *controller*. Terdapat dua tipe transmitter, yaitu *Pneumatic Transmitter* dan *Electronic Transmitter* [9].

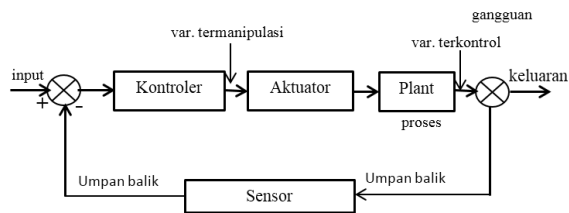
### Relay

Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan arus listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (*on* atau *off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik [8].

### Sistem kontrol

Sistem kontrol (*control system*) adalah suatu proses pengendalian ataupun pengaturan terhadap satu atau beberapa besaran sehingga akan dihasilkan *range* nilai tertentu. Metode sistem kontrol ini merupakan metode-metode yang dipelajari dari kebiasaan-kebiasaan manusia dalam bekerja, yang mana

manusia membutuhkan suatu pengamatan kualitas dari apa yang telah mereka kerjakan sehingga memiliki karakteristik sesuai dengan yang diharapkan pada awalnya. Sehingga seiring dengan perkembangan teknologi maka untuk mengoperasikan pekerjaan-pekerjaan kontrol yang semula dilakukan oleh manusia kini diganti oleh mesin sehingga menjadi serba otomatis [5].

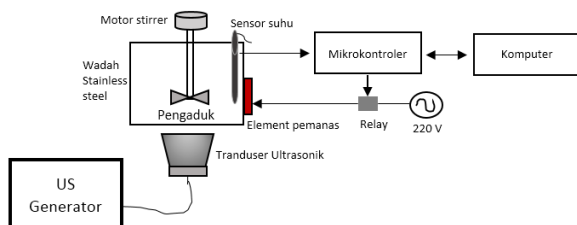


**Gambar 2** Diagram sistem kontrol

## RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### Rancangan dan analisis sistem

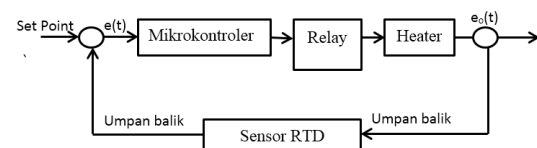
Diagram blok sistem yang terbuat dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berupa transduser serta generator ultrasonik, elemen pemanas, perangkat pemrosesan yaitu mikrokontroler, dan relay. Perangkat lunak berupa database, dan sistem akuisisi data. Diagram blok sistem UAE (*ultrasonic assisted extraction*) yang dibuat ditunjukkan Gambar 3.



**Gambar 3** Skema sistem yang dibangun

Alat pengontrol temperatur dirancang agar mampu mempertahankan nilai temperatur elemen pemanas sesuai dengan nilai *set point* temperatur yang diberikan. Sensor RTD akan

bekerja apabila mendeteksi nilai perubahan resistansi yang kemudian akan diubah ke data tegangan karena adanya *transmitter*. Elemen pemanas akan beroperasi karena adanya relay yang dikontrol oleh mikrokontroler. Sistem kontrol elemen pemanas yang bekerja dengan mengumpalkan temperatur yang terbaca oleh sensor dan membandingkan dengan set point nilai temperatur yang diberikan. Berdasarkan *error* yang terbaca antara temperatur yang dihasilkan dari sensor dengan nilai set point melalui sistem antarmuka komputer, kemudian controller akan melakukan perbandingan untuk meminimalisir nilai error sehingga akan mencapai nilai set point sesuai dengan yang diharapkan. Diagram sistem kontrol temperatur dapat dilihat pada Gambar 4.

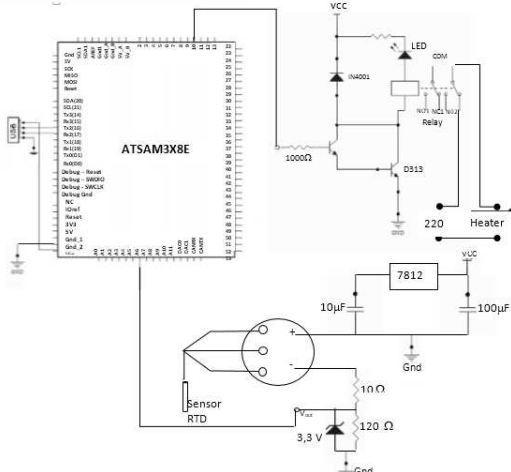


**Gambar 4** Diagram sistem kontrol temperatur

### Rangkaian sensor RTD , Mikrokontroler, Relay dan Antarmuka komputer

Keluaran dari sensor RTD berupa perubahan resistansi, besaran resistansi ini kemudian dikonversi menjadi besaran arus listrik. Sensor dihubungkan dengan *transmitter* yang berfungsi untuk mengubah resistansi menjadi arus (A), arus standar dari *transmitter* 4-20mA, kemudian dihubungkan ke mikrokontroler dengan memberi resistor yang bernilai 130  $\Omega$ . *Transmitter* ini berfungsi untuk mengkonversi arus menjadi tegangan, karena mikrokontroler hanya bisa membaca data tegangan. Tegangan yang dihasilkan oleh sensor masih dalam bentuk analog, oleh karena itu, keluaran yang telah diubah dalam bentuk tegangan ini akan dikonversi ke data digital menggunakan fitur ADC (*Analog to digital converter*) yang telah ditanam dalam

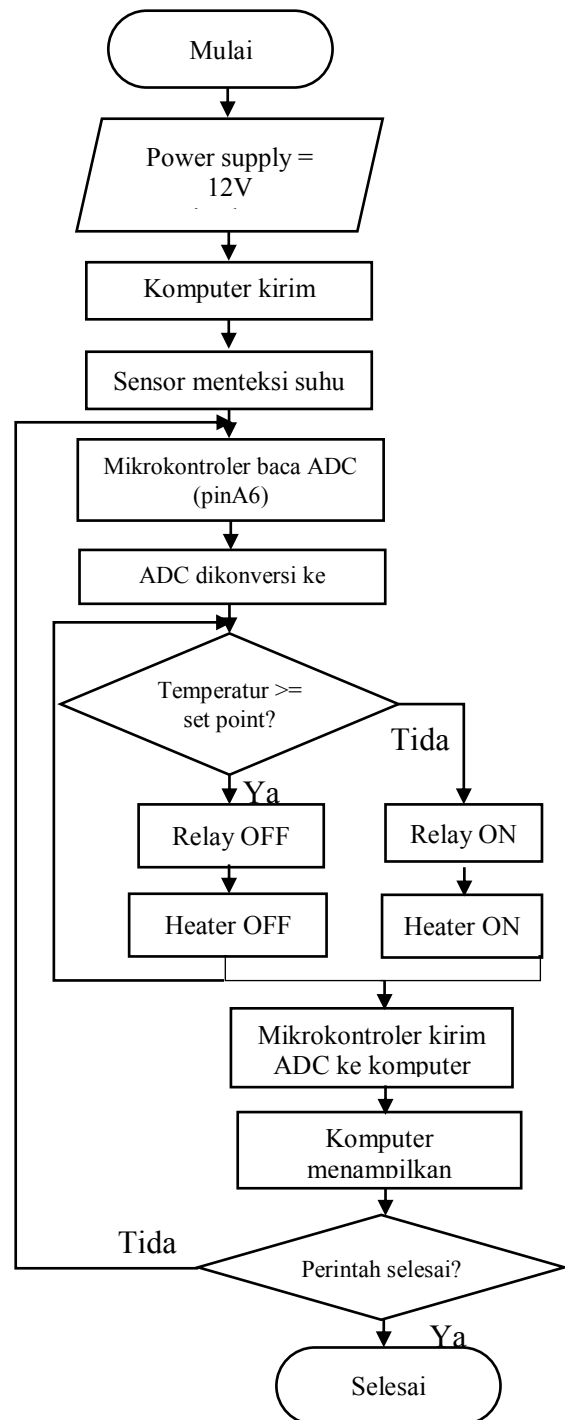
mikrokontroler ATSAM3X8E. Mikrokontroler hanya bisa mengolah data digital, jadi tegangan analog harus di konversi ke digital (ADC). Rangkaian sistem kontrol temperatur dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5** Rangkaian sistem kontrol temperatur

Berikut ini adalah potongan program pembacaan ADC dan kontrol temperatur pada mikrokontroler ATSAM3X8E.

```
//=====
PROGRAM PENGONTROL TEMPERATUR
=====
//=====Preprocessing
int adc_temperatur = 0;
int temperatur;
int nilaiset;
//=====Setup
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  while(!Serial);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode (A6, INPUT);
  digitalWrite (A6, HIGH);
  analogReadResolution(12); }
//=====Program Utama
void loop(){
  if (Serial.available())
  {
    char alamat=Serial.read();
    //===== Baca Temperatur
```



**Gambar 6** Diagram alir sistem pengontrol temperatur

```
if (alamat=='1'){
  adc_temperatur=analogRead(A6);
```

```

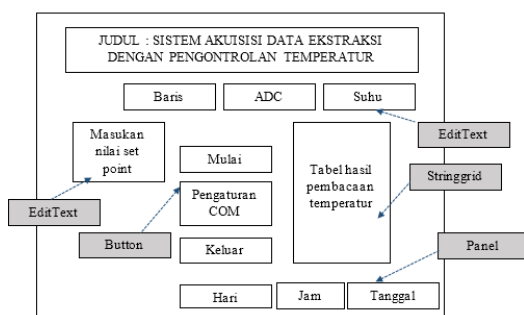
temperatur=(adc_temperatur-
              1272.4)/11,356;
Serial.print(adc_temperatur);
delay(100); }
//=====================================================Set Point
if (alamat !='1'){
int nilaiset = int(alamat) ;
if (temperatur < nilaiset){
digitalWrite(10,HIGH);}
if(temperatur >= nilaiset){
digitalWrite(10,LOW); } }
}
} // END

```

Untuk sistem pengontrolan temperatur urutannya ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 6.

### Rancangan perangkat lunak pengontrol dan penampil data

Pada perancangan perangkat lunak sistem akuisisi data untuk pengontrol temperatur menggunakan sensor RTD (*Resistance Temperature Detector*) ini diperlukan program aplikasi yang berfungsi untuk menerima data yang dikirimkan melalui komunikasi serial pada antarmuka komputer. Oleh sebab itu dibuat program aplikasi untuk dapat membaca data *serial port* dan sistem akuisisi data pada penelitian ini menggunakan pemrograman Borland Delphi 7 dengan bahasa pemrograman yaitu Delphi, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7** Rancangan perangkat lunak penampil data

Berikut adalah potongan *source code* untuk set point:

```

Datanya:=          strtoint(edit4.Text);
comport1.Write(datanya,1);
comport1.Open;

```

Berikut adalah *source code* pembacaan nilai temperatur:

```

Procedure
TForm1.Timer2Timer(Sender:
TObject);
Var N,Count          : integer;
    Alamat            : char;
    adc_suhu, Y       : string;
Begin
Comport1.Open;
Alamat:= '1';
Comport1.Write(Alamat,1);
Sleep(1000);

```

```

Comport1.ReadStr(adc_suhu);
edit2.Text:= Y;
Hasil_ADC_T:= strtoint(Y);
Hasil_T      := (Hasil_ADC_T-
1272.4)/11.356;
Edit3.Text:=Formatfloat('0.#0',Hasil_T);
Stringgrid1.Cells[2,N]:=Formatfloat('0.#0'
,Hasil_T); // edit1.Text;
timer1.Enabled:=false;
timer2.Enabled:=false;
timer9.Enabled:=true;
timer10.Enabled:=true;
end;

```

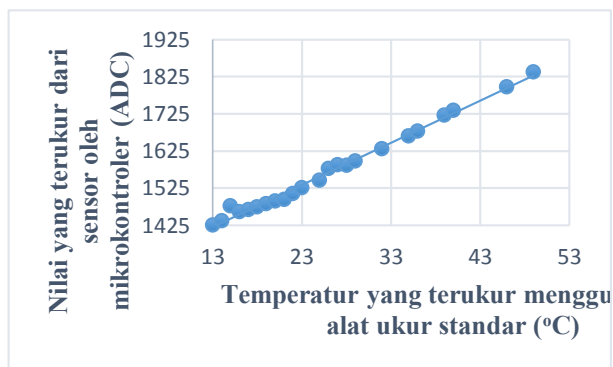
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian pembacaan sensor *resistance temperature detector* (RTD) dan sistem akuisisi data

Pada sistem antarmuka ini dilakukan akuisisi data dengan membandingkan nilai keluaran yang terbaca oleh mikrokontroler terhadap nilai yang terbaca pada alat ukur standar. Pada Gambar 8 pembacaan nilai temperatur diplotkan pada sumbu-*x*, dan

keluaran digit biner (bit) yang telah dirubah ke bilangan desimal diplot pada sumbu-y. Dengan menganalisis grafik tersebut diperoleh persamaan garis linier perbandingan antara temperatur terhadap nilai keluaran digit biner (bit). Hal ini sesuai dengan dasar teori untuk karakteristik sensor RTD bahwa tegangan keluaran sensor RTD linier dengan perubahan temperatur. Persamaan linier yang didapatkan dari grafik adalah:

$$y = 11,4x + 1272,4 \quad (1)$$

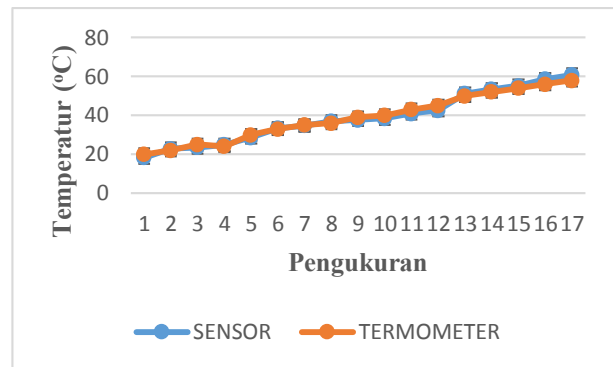


**Gambar 8** Grafik karakterisasi alat ukur standar terhadap nilai ADC

Berdasarkan Persamaan (1) dapat dibuat sistem akuisisi data sensor yang terbaca menjadi nilai temperatur yang sebenarnya. yaitu berupa variabel  $x$  melalui Persamaan (2).

$$x = \frac{y - 1272,4}{11,4} \quad (2)$$

Pengujian sensor *Resistance Temperature Detector* (RTD) terhadap alat ukur standar dilakukan dengan membandingkan antara temperatur yang terukur menggunakan alat ukur standar berupa thermometer digital dengan hasil pembacaan menggunakan sensor RTD pada antarmuka komputer hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9** Grafik kalibrasi sensor RTD terhadap thermometer

Berdasarkan grafik pada Gambar 9 teramati perbedaan nilai ukur dengan nilai sebenarnya. Hal tersebut disebabkan adanya faktor-faktor yang mempengaruhinya diantaranya yaitu karena adanya perbedaan sensitivitas sensor dan alat ukur standar. Sensor RTD mempunyai karakteristik *self heating* maka sebuah RTD yang terdiri dari kawat atau pelapis yang sangat halus akan membutuhkan tegangan dari *power supply*. Meskipun arus yang diperlukan hanya sekitar 1 mA sampai 10 mA, namun hal ini menyebabkan elemen platina RTD memanaskan, sehingga mempengaruhi tingkat akurasi pengukuran. Untuk mencari nilai *error* digunakan Persamaan (3).

$$Error = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3)$$

dengan nilai *error* rata-rata 0,04°C diperoleh menggunakan Persamaan (4).

$$\overline{Error} = \frac{\sum error}{n} \quad (4)$$

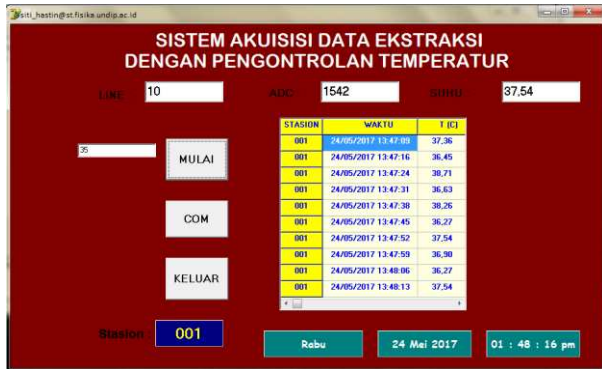
### Pengujian perangkat lunak pengontrol dan penampil data

Dari pengujian yang telah dilakukan, data temperatur yang telah terekam secara otomatis tersimpan pada tabel database MySQL. Data-data yang telah terekam secara otomatis ditampilkan pada kolom database.



Data yang terekam yaitu hari, tanggal, waktu, temperatur.

Data tersebut dapat disimpan pada database MySQL. Adapun hasil tampilan tabel database MySQL ditunjukkan pada Gambar 11.



**Gambar 10** Hasil tampilan software penampil data

LINE	Waktu	Suhu
1	2017-05-24 13:47:10	37.356
1	2017-05-24 13:47:17	36.452
1	2017-05-24 13:47:24	38.712
1	2017-05-24 13:47:31	36.6328
1	2017-05-24 13:47:38	38.26
1	2017-05-24 13:47:45	36.2712
1	2017-05-24 13:47:52	37.5368
1	2017-05-24 13:47:59	36.904
1	2017-05-24 13:48:06	36.2712

**Gambar 11** Tabel database pada MySQL

### Pengujian sistem akuisisi data untuk pengontrol temperatur

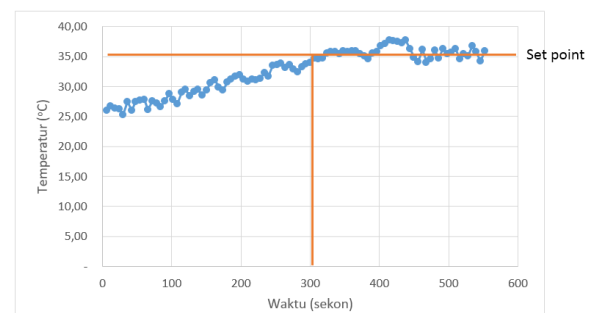
Pengujian sistem akuisisi data dilakukan dengan memvariasi pengukuran temperatur yang terbaca oleh sensor RTD. Pada pengujian ini telah ditentukan nilai *set point* pembacaan temperatur yaitu 35°C. Ketika sensor RTD membaca temperatur dalam wadah ekstraksi maka akan muncul hasil pembacaan temperatur pada *form* akuisisi data yaitu pada program Borland Delphi 7. Melalui pembacaan temperatur inilah yang akan menjadi indikasi melakukan pengontrolan

terhadap aktuator berupa elemen pemanas. Data hasil pengujian kondisi elemen pemanas terhadap *setting set point* temperatur ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Setting set point

Set point pembacaan temperatur	Kondisi elemen pemanas
$\geq 35$	OFF
$< 35$	ON

Setelah melakukan pengujian kontrol sistem maka selanjutnya yaitu mencari grafik kestabilan sistem yang telah ditentukan nilai *set point*nya. Dari grafik sistem kontrol temperatur ini maka akan didapatkan waktu respon sistem, yaitu seberapa lama sistem tersebut akan mencapai nilai *set point* yang diinginkan. Untuk grafik sistem kontrol temperatur terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12** Grafik pengujian sistem kontrol temperatur terhadap waktu

Dari grafik tersebut didapatkan hasil nilai perubahan temperatur terhadap waktu dengan temperatur awal operasi yaitu sesuai dengan temperatur kamar  $T_k$  sebesar 25°C. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan pengaturan nilai *set point* temperatur 35°C sistem ini membutuhkan waktu tunda (*delay time*) 150 sekon atau 2,5 menit, waktu naik (*rise time*) 300 sekon atau 5 menit dan waktu puncak (*peak time*) 414 sekon atau 6,9 menit. Agar dapat beroperasi, sistem ini harus menunggu 5 menit (300 detik) untuk mencapai



sehingga didapatkan nilai *error* menggunakan Persamaan (3).

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{\Delta \bar{x}}{x} \times 100\% \\ &= \frac{1,02}{35} \times 100\% \\ &= 2,91\% \end{aligned}$$

Dengan demikian kestabilan sistem adalah

$$\begin{aligned} \text{Kestabilan sistem} &= 100\% - \text{Error} \\ &= 100\% - 2,91\% \\ &= 97,09\% \end{aligned}$$

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur *set point* pada program Borland Delphi 7 untuk mengatur batasan temperatur. Nilai *set point* dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan, sebagai contoh yaitu dengan mengatur *set point* 35°C karena untuk temperatur optimum yang digunakan dalam ekstraksi senyawa kurkuminoid pada tumbuhan temulawak dibutuhkan temperatur 35°C. Sehingga nilai *set point* dapat disesuaikan dengan masing-masing temperatur optimum yang dibutuhkan untuk mengekstraksi objek tersebut. Ketika temperatur yang terbaca kurang dari *set point* maka *elemen pemanas on* ( $T < T_{set}$ ) dan *elemen pemanas* akan mati ketika ( $T \geq T_{set}$ ).

## KESIMPULAN

Hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, memberikan kesimpulan sebagai berikut. Pengujian sensor terhadap alat ukur standar memberikan nilai *error* yaitu sebesar 0,04°C. Dari hasil pengujian sistem pengontrol temperatur yang dibuat diperoleh kondisi kestabilan kontrol sebesar 97,09% dengan *error* sebesar 2,91%, dengan waktu respon sistem selama 6 menit. Sistem pengontrolan temperatur ini dapat menyimpan serta menampilkan data pada antarmuka komputer yaitu program Borland Delphi 7 yang dihubungkan ke database MySQL.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Triwiyatno, A., 2015, *Buku Ajar Sistem Kontrol Analog*, Lembaga Pengembangan dan Penjamin Mutu Pendidikan UNDIP, ISBN : 978-602-1065-19-8.
- [2] Santos, H.M., Lodeiro C., dan Martinez J.L.C., 2009, *The Power of Ultrasound, Ultrasound in Chemistry*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- [3] Thompson, L. H., dan Doraiswamy, L.K., 1999, *Sonochemistry: Science and Engineering*, Industrial and Engineering Chemistry Research, 38, 1215–1249.
- [4] Pramusinto, K., dan Suryono, S., 2016, *Sistem Monitoring Kekeruhan Air Menggunakan Jaringan Wireless Sensor System Berbasis Web*, Youngster Physics Journal, Vol. 5, No. 4, Hal. 203-210.
- [5] Suryono, S., Suseno, J., E., Mashuri, C., Sabila, A., D., Nugraha, J., A., M., dan Primasiwi, M., H., 2017, *RFID Sensor for Automated Prediction of Reorder Point (ROP) Values in a Vendor Management Inventory (VMI) System using Fuzzy Time Series*, Advance Science Letter, Vol. 23, pp. 2398–2400.
- [6] Setiawan, I., 2009, *Buku Ajar Sensor dan Transducers*, Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
- [7] Brian, D. dan Moore, B. 1996. *Optimal Control*. Prentice Hall International Edition.
- [8] PERTAMINA, 2007, *Dasar Instrumentasi dan Kontrol*, Bimbingan Profesi Sarjana Teknik (BPST) Direktorat Pengolahan.
- [9] Kilian. 2003. *Modern Control Technology: Componen and System*. Delmar, Prentice Hall.